敦煌遗书图像知识关联与语义描述*

■ 程结晶 王心雨
扬州大学社会发展学院 扬州 225009

摘 要：[目的/意义]信息技术的快速发展与广泛应用推动了敦煌学研究的变革，使敦煌学研究及其知识资源的利用更加便利，由于还停留在现有数据库传统知识平台与检索方式上，使敦煌遗书图像知识的价值挖掘不全面。为此，笔者对敦煌遗书图像研究进行梳理，对敦煌图像知识发现的深度和广度及其知识关联进行充分的语义描述，以利于发掘敦煌遗书图像的多元价值。[方法/过程]通过敦煌遗书图像研究现状的考量、语义描述，根据敦煌遗书图像语义特征设计其语义特征层级模型，结合智能 + 关联数据技术构建敦煌遗书图像知识关联的组织框架，并深入分析了敦煌遗书图像知识关联及其组织框架中的数据收集层、语义描述层、数据关联层、资源应用层。[结果/结论]提出敦煌遗书知识关联模型的实践价值，能够打通与外部开放数据关联渠道、提高敦煌遗书图像智能化的检索质量以及提升敦煌遗书图像知识服务的深度与广度。

关键词：关联数据 敦煌遗书图像 语义特征层级模型
分类号：G254
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2021.07.012

1 引言

敦煌遗书图像是中国乃至世界的珍贵文化遗产，它们蕴含着丰富的语义内涵，对于研究中国古代社会历史、美术与宗教文化等具有重要意义。当前，数据库的传统知识平台与检索方式多是对图像资源进行简单的著录，限制敦煌遗书图像知识的利用效果与知识发现深度，无法挖掘图像资源的最大价值颗粒度，难以满足用户的检索需求。2006 年 7 月，万维网之父蒂姆·伯纳斯·李(T. Berners-Lee)在《关联数据笔记》中率先提出关联数据这一全新概念，关联数据要求采用 RDF 格式描述资源，利用 URI 标识和命名资源实体，并建立能够被万维网解析的 HTTP URI 帮助用户查找与获取相关资源和数据[1]，它可将跨来源、跨类型的数据进行关联，实现知识的有序化和共享[2]。将关联数据应用于敦煌遗书图像知识组织有利于对凌乱分散的图像资源进行高效整理，实现图像资源与其他相关解读文本或视频在知识层面上的关联，为敦煌遗书图像的价值发掘与有效利用提供组织层面的保障。

2 相关研究

相关研究围绕敦煌遗书图像知识语义分析、关联数据及图像资源组织等方面展开讨论。敦煌遗书中藏有人物画、动物画、植物画等大量不同类型和风格的绘画作品，诸多学者从不同角度对这些绘画作品的方方面面进行细致探究，为后世继续探索敦煌遗书图像留下参考价值高的文献资料，对敦煌遗书图像进行语义特征分析是后续开展语义描述、知识关联等深度探究工作的前提。图像语义描述模型与相关的敦煌项目语义知识组织等研究对敦煌遗书图像语义描述与组织模式构建具有借鉴作用。

2.1 敦煌学相关平台、数据库建设

敦煌遗书图像数字化是后续开展图像资源语义特征分析、本体构建、语义互联以及语义检索等深度探究工作的前提。当前，国内外启动多项敦煌学数字化项目，如多国共同合作的国际敦煌项目(International Dunhuang Project IDP)[3]、敦煌遗书数据库[4]、敦煌文献数字图书馆[5]等。笔者通过对这些项目、数据库、平

* 本文系 2019 年扬州大学专业学位研究生教学案例库建设项目“图书情报硕士专业课程教学案例设计与分析”(项目编号:20192021)和教育部人文社会科学基金“在线学术社交网络用户科研共享行为研究”(项目编号:20YJAZH059)研究成果之一。
作者简介：程结晶(ORCID:0000-0002-5772-3408)，扬州大学图书情报学位点负责人，教授，博士生导师；王心雨(ORCID:0000-0002-5163-6610)，硕士研究生，通讯作者，E-mail:1146867707@qq.com。
收稿日期:2020-11-06 修回日期:2021-01-16 本文起止页码:123-131 本文责任编辑:杜杏叶

台建设的调研可知,它们的许多功能也亟待完善,而关联数据的应用可以实现目前诸多敦煌数据库不够完善的功能。

2.2 关联数据与知识资源研究

关联数据的突出优势就是能够将分散、异构、跨界的数据进行链接,支持不同知识层面资源的聚合、共享与发现。关联数据不仅突破传统文本知识组织方式,还涉及图像研究领域。曾子明等根据用户需求提出基于关联数据的视觉资源知识组织模型,构建数字人文视觉资源语义本体模型并以敦煌学中的"鸠摩罗什"形象进行实例论证[6];张兴旺等归纳非物质文化遗产图像、视频等资源数字化保存的不足之处,提供相应的非遗视觉资源的获取、组织和描述方法[7];齐云飞等以数字图书馆中存储的静态图像即图片为研究对象,采用关联数据技术,参考新一代编目方式——书目框架(BIBFRAME)构建数字图书馆移动视觉搜索系统框架并进行验证[8];张永娟等以印章图像为例,尝试运用IIIF与关联数据等技术探索图像元数据描述、图像描述内容的知识组织、关联数据发布等图像资源整合与知识发现的解决方案并进行实证分析[9]。

2.3 图像语义描述研究

图像语义描述研究主要集中在语义标注模型、语义标注工具、语义检索系统设计等方面。陆泉等通过用户实验数据对比基于标签打分的图像标注模式、单标签下基于图像比较的标注模式与多标签下基于图像的比较的标注模式等三种模式的标注效果[10];陈金菊等从语义层次、可扩展性、应用范围和方式三个方面对Eakins 模型、Jaimes&Chang 模型、Kong 模型这三类主流图像语义标注模式进行比较分析[11];陈金菊归纳总结已经开发的几种图像语义标注工具并从 10 个关键特性对比三类工具[12];张志武基于本体标注 web 图像的属性概念及图像之间的相互关系,构建包含图像领域本体、图像本体库与以前两者为基础提供的检索服务这三大部分的 Web 图像语义检索系统[13]。

2.4 敦煌遗书图像与知识组织研究

敦煌遗书图像领域的研究聚焦于图像内容、图像隐射的历史文化等方面,而与敦煌遗书图像关系密切的敦煌壁画研究不局限于壁画本身内容,往往涉及计算机、图书情报等多个领域。王晓光等根据用户的图像检索需求,提出针对敦煌壁画的数字图像语义描述框架以此解决数字图像元数据无法准确揭示壁画图像内容及语义信息的问题[14];宋志浩对比分析基于文本、内容和语义的三种检索方式,设计出基于本体的敦煌壁画语义系统的实现方案并尝试在系统中运用全文检索技术以此帮助科研人员迅速检出目标壁画及其相关研究文献[15];王晓光等在构建敦煌壁画叙词表的基础上采用语义网技术实现叙词表关联数据的发布[16]。

2.5 敦煌遗书图像与知识关联研究

自敦煌藏经洞被发现后,各国学者对敦煌遗书所存图像的相关问题进行广泛探索。在图像内容研究方面,日本学者松本荣一对流散在各国各地的敦煌绘画进行长期调查和研究并著写《敦煌画的研究》,他利用佛学知识对敦煌藏经洞出土的绘画作品进行考释、定名以及分类[17],沙武田、郁惠莉[18]、张培君[19]等分别对藏经洞出土的白描画、敦煌遗书中的供养人图进行专题介绍、分类与评述;在图像的分类整理方面,施萍婷按照绘画技法将敦煌遗书中的纸本画分为彩绘、五彩绘、淡彩绘、刺孔、白画、白描等类型[20];在敦煌遗书图像的专题研究方面,戴仁将敦煌写本中的插图分为卷首插图、带状插图、人物画和成文的图像四类[21];艾丽白把"涂鸦"分为人物、动物和植物三类,其中人物又可分为俗人、宗教人士、淫秽图画之人物,并罗列出画有"涂鸦"的相关卷号[21];部分学者对敦煌遗书中出现的人物,如水月观音、千手千眼观音、不空羂索观音、观音经变等观音菩萨图像、地藏图像、行脚僧图、净土图像、文殊菩萨、毗沙门天王图像、父母恩重经变图、瑞像图、炽盛光佛变相图等进行分门别类的横向研究。此外,部分学者从纵向深入挖掘敦煌遗书图像中蕴含的内涵,如杨树云以英藏 S. 47 为例探讨唐代妇女妆容[22],还有学者探究敦煌绢纸绘画的颜料、幡幢、服饰、花绘图案等主题内容。敦煌遗书中囊括数以千计的种类丰富的图像作品,众多不同专题的图像研究文献挖掘敦煌遗书图像背后所蕴含的丰富知识,并为其他学者开辟新的研究课题方向,只有通过适合图像的著录、标引、检索方式并结合用户需求才能实现敦煌遗书图像知识的价值颗粒度最大化。

综上,关联数据能够将广泛分布的异构资源进行关联组织,虽多用于文本资源,但也有部分学者开始探究关联数据如何应用于图像资源组织,打破敦煌遗书相关数据库检索与利用的限制,为敦煌遗书图像知识组织模式建设提供理论框架。目前敦煌遗书图像领域主要探索图像内涵、绘画技法等问题,对敦煌遗书图像提供详细的语义分析,这是构建图像资源组织模式的前提,但是关于图像资源的语义描述与知识关联研究较为匮乏。与敦煌遗书图像关系密切的敦煌壁画在数字图像语义描述方法、语义描述层次模型、叙词表关联

数据发布等方面有较为出色的成果,这便为笔者关于如何刻画与抽取敦煌遗书图像的语义特征、进行语义描述、与关联数据相结合构建知识组织模式提供借鉴。

3 敦煌遗书图像知识关联的语义特征

敦煌遗书是敦煌藏经洞传世文献的泛称(敦煌遗书绝大多数为唐时期写本,间有五代、北宋前期写本,不仅如此,还保持了一些雕版印本,如 P.3879《北方大圣毗沙门天王像並雕印题记》),又被称为敦煌写本、敦煌卷子或敦煌文书,在国内外都会被官方和民间收藏机构视为绝世珍宝,为将敦煌遗书的利用价值充分挖掘,包括我国在内的各国相关机构和学者都在探索数字化的方法。王晓光等对敦煌壁画的数字图像特征描述方面有更加深入的研究,他将数字图像本身的特征和数字图像内容特征区别开来,将数字图像本身所呈现的颜色、纹理、线条视为图像的底层视觉特征,将数字图像的内容特征的描述如人物的情感态度、行为动作、所处的时代背景和地理环境等内容视为高层语义表达[14],这为笔者构建敦煌遗书图像知识的语义特征层级模型提供思路。数字化时代人们往往将目光聚焦于数字图像,却忽视原始图像的物理特征,对这些物理特征的标注和描述有利于探究图像形成时期的工艺美术发展。敦煌遗书所保存的大量图像,其本身具有物理性质,这一物理性质往往是附着于其载体纸本之上而得以体现,所以在对其进行语义特征描述时,应该包含两个层次:原始图像的物理层次和经过数字化扫描之后图像本身所呈现出来的视觉信息。物理层次主要涉及纸张材质、尺寸、颜色、绘画技法以及施彩用墨等,有些特例比如剪纸图像 P.4517《持幡菩萨像》(剪纸)见图 1,就可以通过这一层次的描述加以区别,但是因为不具备相关条件,这一层次的语义描述暂不加以讨论,但若条件允许,还是应该尽力列入,以丰富语义描述的层次,使之臻于完善。

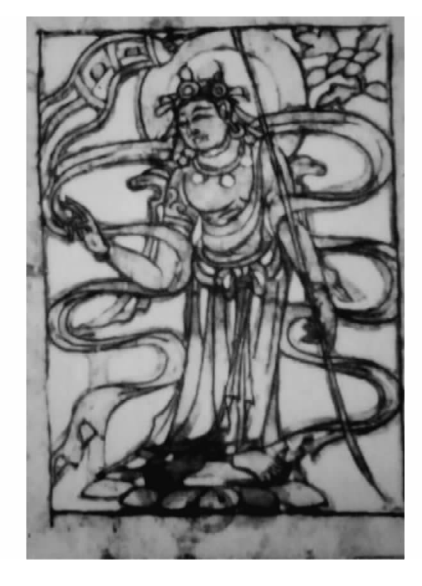


图 1 P.4517《《持幡菩萨像》(剪纸))

再经过数字化扫描之后,图像所呈现出来的视觉信息基本得以比较完满的保存,在对其进行语义描述时,也应分为两个层面:数字化图像本身及其所反映出来的相关内容。正如前文所述,敦煌遗书数字图像本身和图像内容存在着本质的区别,前者主要包括映射敦煌遗书图像的线条、形状、色彩、纹路等视觉特征,后者则是对于数字图像所呈现出的图形意义、事物形态、故事内容、人物行为,甚至是人物的情感状态等高层语义特征,前者是后者的认知基础,后者是前者的抽象表述。

4 敦煌遗书图像知识关联的语义描述

笔者立足于学术界对敦煌遗书图像的检索需求,结合相关图像检索理论与实践研究,借助图像元数据理论,将原始图像的物理特征、数字图像自身特征和数字图像内容特征进行整合,提出敦煌遗书图像的语义特征层级模型,试图揭示图像三个层次的所有特征,从而满足科研人员与普通用户的检索需求并扩大敦煌遗书图像的知识发现深度,如图 2 所示:



图 2 敦煌遗书图像语义特征层级描述模型

在敦煌遗书图像的语义特征层级模型中，左起第一部分是物理层，第二部分是图像视觉内容特征层，第三部分是语义数据层。

关于物理层，上文已作简单说明，不再赘述。第二部分视觉内容特征层主要是反映数字化之后敦煌遗书图像的视觉特征。很多遗书图像在勾勒线条上有一定的规律性，如宗教符号曼陀罗的线条分布，所以人物勾勒的圆润技法也有明显的特征，在形状大小和空间分布受到载体制约趋向一致，颜色处理也有倾向性，因此通过设计和改进计算机图形软件的统计功能，结合 CBIR 中的 SIFT 算法和 CNN 算法的优点，既能做到提取图像的局部特征又能实现对图像整体的全局特征的抽取，在计算机中嵌入图像识别技术和图像学习技术，在批处理文件的信息模块化的数据收集基础上，不断提高其识别能力，最终形成元数据链条，并由此实现基于特征的图像内容检索，打通图像数据关联的通道，服务于用户。

语义数据层（下文 5.1 节详述）是实现敦煌遗书图像知识检索利用的核心模块，基于语义的检索本质上是敦煌遗书图像本体的核心设计。本体的设计关键在于确定敦煌遗书图像资源中的实体概念，因此如何设计元数据类目是至关重要的步骤。王晓光与多位敦煌学专家共同合作，融合敦煌学、图像志、艺术史等不同学科的研究内容和分析方法，构建内容详实、语义丰富的敦煌壁画主题词表。敦煌壁画主题词表共分为五大分面，分别为代理者分面（AGENT FACET）、时间分面（TIME FACET）、活动分面（ACTIVITIES FACET）、物体分面（OBJECT FACET）和物理特质分面（PHYSCIAL ATTRIBUTES FACET）[16]。敦煌遗书图像知识比较碎片化，不如敦煌壁画知识的连贯完整，但是某些图像内容又与敦煌壁画有着紧密联系，故可选择该敦煌壁画的主体词表中的专业术语作为敦煌遗书图像本体的实体概念。笔者广泛收集各类敦煌遗书影印文献数字化资料，包括《法藏敦煌西域文献》《英藏敦煌文献》《北京大学藏敦煌文献》《中国国家图书馆藏敦煌遗书》《甘肃藏敦煌文献》《天津市艺术博物馆藏敦煌文献》《俄藏敦煌文献》《上海图书馆藏敦煌吐鲁番文献》，并对其逐一进行细致的翻查，共搜集图像类资料计近千余幅，在反复浏览的基础上，依据其所反映出的综合情况，抽取敦煌壁画主题词表中相关术语，结合学界研究的需要，暂分为五个递进层级：图形意义、事物形态、故事内容、人物行为和情感状态。

4.1 图形意义

敦煌遗书图像是一个庞大的数据集合，要实现元数据检索，就必须进行从粗至细的分类，而研究者在进行元数据检索时，往往也是遵循这一基本规律，来实现在不同层级上的数据关联，结合敦煌遗书图像的实际情况，可以将语义检索的最底层设计为图形意义。所谓图形意义，即图像数字化之后呈现出的基本面貌和表达含义，具体而言，图形意义又可划分为图案类、物体类、场景类、人物类等等，这是最基本的几类特征，可以视为建立在全面筛选上的初步划分。敦煌壁画主题词表将动物和植物与人物共同归纳为代理者，笔者在本节中将动植物与人类区分开来，因为敦煌遗书图像中人类相较于动植物有更多丰富的语义特征，如人类的头饰、服饰、手势、表情等。

4.2 事物形态

事物形态实际上是上述特征分类中相较于场景类和人物类的图案类和物体类，相关图像所表达的含义比较直接，所以将此两类合并于一个层级。所谓图案类，主要是囊括了敦煌遗书图像中各类花纹、符号、标记等等。其中花纹中最具代表性的是各种云纹，见图3的 BD.13801《妙法莲华经卷第一织锦护首》卷首的织锦部分绘制大量精美的云纹，不同的云纹展现出不同的形态，不仅起到一定的烘托氛围的作用，而且反映唐代绘画的精湛水平，值得美术史学者深入研究，将云纹列为元数据标签，收录于数据库，以便关联检索，这无疑将大大便利相关研究的开展。符号类别里，具有曼陀罗风格的图像很多，变化多端，如附有大量咒语的 P.3679《唵字赜》，还有甚至夹杂西域文字的，如 P.4521 就在符号中夹杂很多回鹘文的字形，这些特异的图像一旦通过关联形式全部排列展现出来，将会大大便利研究者的视野，方便其进行深入研究。标记的情况就更为复杂，可以进行更多更细的划分，在此就不再赘述。除图案类，敦煌遗书中还有大量物体类图像，所谓物体类，是除去人物之外的描绘客观物体的图像，简单来说，诸如植物、动物、精怪、器具等等。植物类主要是各类树木和花，因无法细辨纲目科属，在设计元数据采集特征时，只能简单加以划分。敦煌遗书中出现很多动物，如有大量白画马的图像，有的是有一匹，如 P.3652，有的则是两匹、三匹，如 P.3614，马匹对于古代社会而言可以说是最为重要的活动交通工具，不仅载人运输、信息传递需要大量马匹，在军事行动中马匹也是最为重要的战略资源，有时候甚至起到举足轻重的作用，因此对其进行基于数据关联的研究，将会极大丰富对于唐宋时期马政情况的了解，意义非凡。除反映现实生活中的事物，敦煌遗书图像里还描绘大量精怪，如

程结晶，王心雨. 敦煌遗书图像知识关联与语义描述[J]. 图书情报工作,2021,65(7):123－131.

P. 2683《瑞应图》,仅此一图就保存将近二十多种神话精怪的图像,在对这类图像进行特征描述时,应该尽量做到细致,如可对其进行二次描述,类兔、类龟还是类蛇,有翅还是无翅等等,以便更加精准有效地采集元数据。这里所指的器具内涵丰富,包括交通工具如风辇、牛车、马车,如 P. 3995《彩绘炽盛光佛一尊》中炽盛光佛所乘坐的交通工具便是牛车,以及军事工具、生产生活用具和宗教使用的器具等等,敦煌遗书图像中出现的器具一般以宗教器具为主,如佛像、菩萨像中佛与菩萨所坐的莲花台座,莲花固有出淤泥而不染之意,以此象征自身远离尘世污秽之地。器具往往与人物行为息息相关,因此可以将人物与人物、器具与器具、人物与器具相关联,以此研究不同类型的工具从北魏至北宋的发展演变。



图 3　BD. 13801《妙法莲华经卷第一织锦护首》

4.3　故事内容

故事发展往往与场景相结合,故而将场景类定义为故事内容,从而更加清晰直观。场景包含环境,敦煌壁画主题词表中使用“环境”这一概念,将环境分为自然环境与人文环境,但敦煌遗书中并不是所有图像都有场景,某些具有场景的图像呈现的环境具有艺术想象成分,与现实环境不符,而且很多图像场景根本无法得到辨识。但如果技术条件允许还应尽力进行语义标注。因此,在这部分中,笔者只集中讨论可以识别场景的经变画和故事画。敦煌遗书图像中出现大量故事场景,往往是佛经故事的图像再现,类似于后世的连环画,如 P. 2003《佛说阎罗王授记四众预修生七往生净土经》,类似图像的刻印本或其他写本,往往被称为佛经变相、经变或是变相。由于后世刻印或手抄本年代远远晚于敦煌遗书,所以敦煌遗书图像对研究经变的发展及其所折射出的社会形态、宗教历史具有极为重要的作用。对于这类图像,在设计特征描述时,应从两方面着手,即一方面要准确完整地著录其本经经名,即变相所阐释的佛经经名,使研究者能通过数据关联检索同一佛经的不同变相,方便其进行比较研究;另一方面,也要充分关注经变图像的空间、布局、故事梗概等图像所传递出的实际内容,以反映其独立于本经的研究价值。

4.4　人物类

敦煌遗书图像中最多一类就是人物,人物本身就具有丰富的语义特征。人物当中尤以各类菩萨居多,菩萨中又以观音像最多,如 P. 3969《彩绘十一面六臂观音像》,对这一类菩萨图像进行语义特征描述,必须建立在广泛参考相关研究成果的基础上,努力区分菩萨图像造型的类别特征,以期更加科学地标注元数据,除菩萨之外,有关佛经的敦煌遗书图像还有一个重要类别就是供养人,如 P. 4060《会稽镇遏使罗祐通供养佛像》,在敦煌壁画中描绘大量供养人,供养人图像往往有各种不同的行为举止,对其行为进行深入细致的特征描述,再通过数据关联,可以与敦煌遗书图像中的相关人物行为进行比较,从而有助于深化对唐代供养人的了解。除人物类别和人物行为外,人物画还包括人物的头饰、服饰、手势、足部的方向等。以人物的手势为例,P. 3905 记载几十种不同姿态的手印图,各图左侧还有相关说明文字,这些文字对于进行图像特征描述可谓至关重要,在进行元数据处理之后,能够与其他类别如敦煌壁画、石窟造像等进行数据关联,从而有利于研究者进行横向比较,拓展其研究广度和深度。

4.5　情感状态

相较于人物的类型和行为活动等其他方面,情感状态是人物类的高阶层次,敦煌遗书中的人物图像并非千篇一律的呆板面孔,相反大量图像反映出相关人物的各种情绪,或是恼怒,或是悲伤,或是欣喜若狂,或是闷闷不乐,如果在语义描述中能对此进行细化,那将会大大提升检索质量和关联数据的实效性,特别是有一些十分古怪,甚至是诡异的人物图像,更需要补充相关描述语言,见图 4 的 P. 4514《头像》,图像中心描绘一位妇女的正面面容,夹杂忧郁、厌恶等情绪,而环绕着头像四周的密密麻麻的眼睛,仿佛是画家故意营造出一种特殊、神秘又让人恐惧的氛围,类似于这类表达人物特殊情绪的敦煌遗书图像,具有独特的研究价值,理应给予更多关注并进行细致的语义描述,以便相关学者展开研究工作。敦煌遗书图像中的人物比较复

杂,应为敦煌遗书图像中的人物单独构建本体,在语义描述层级中,对比人物的行为活动、服饰、手势等低层级特征,人物的情感态度的语义描述要更加深入,但是,为便于抽取实体概念和深入研究,可将人物的情感态度与人物其他相关方面结合共同形成敦煌遗书图像中的人物本体模型,见图5。



图4　P.4514《头像》

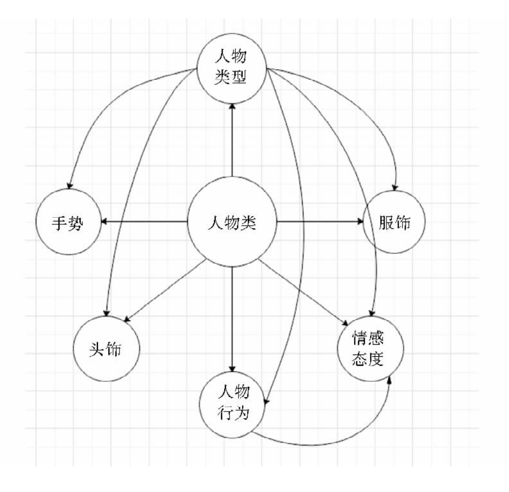


图5　敦煌遗书图像中人物本体模型

5　敦煌遗书图像知识关联的组织框架及其实践价值

5.1　敦煌遗书图像知识关联的组织框架

关联数据能够将复杂异质资源链接起来,准确标识和定位各元素,而关联数据的基础RDF定义数据元素,将各元素关联在一起并提供通用框架合并不同来源的数据。结合敦煌遗书图像语义特征层级描述模型与关联数据技术的运用,敦煌遗书图像知识关联的组织框架自下而上应包括收集数据、抽取语义信息建构本体、进行RDF链接、为用户提供深度服务等完整步骤。敦煌遗书图像知识关联的组织框架见图6。

(1)数据收集层。收集数据是敦煌遗书图像知识

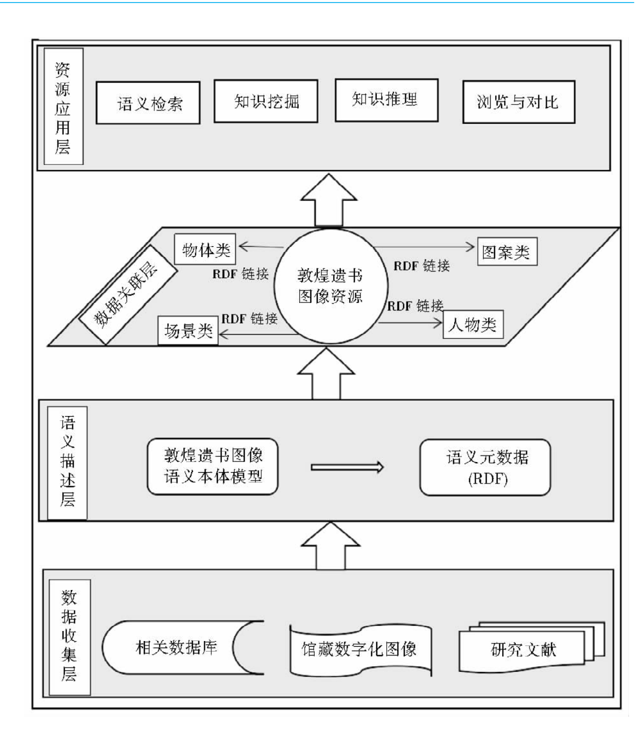


图6　敦煌遗书图像知识关联的组织框架

关联的语义组织框架构建的基础工作,数据的来源多样、内容异构,如各国敦煌遗书收藏机构中的数字化图像、中外与敦煌遗书相关的数据库、专业数据库中收录的研究文献(包括学术期刊、论著、科普性书籍等等)、与敦煌遗书图像有关的电视节目、纪录片等视频资源。国际敦煌项目(IDP)正在建设该工作,但仍不完善,可以考虑与之合作,在建设过程中逐步完成图像数据关联的相关准备工作。对于非数字化的资源,可按照国家档案局发布的《纸质档案数字化规范》《录音录像数字化规范》等档案数字化领域的相关标准统一转化为数字形式。这些数据、信息和知识被收集后会出现重复的内容,所以需要对它们进行基本的分类与去重,建立初始的元数据语料库。在第一层数据采集层中,如果不对复杂的数据去重,就会产生噪音数据和冗余信息,影响后续数据的语义描述质量。

(2)语义描述层。语义描述层顾名思义是指对图像内容的特征进行语义描述,这不同于基于文本检索的图像元数据(TBIR)和基于内容检索的图像元数据(CBIR)。TBIR是指通过人工对每一张图像用关键词进行描述,从而形成关键词索引,用户可通过检索关键词搜索所需图像,虽然TBIR操作容易,但是依旧存在很大的局限性,如图像数量的庞大与人工标注成本存在矛盾,标注者与用户在自身认知水平、用词表达和主观感受等方面存在不一致,这些都会影响图像的检索质量[23]。CBIR的出现促使计算机代替手工标注,它

可以利用计算机直接抽取图像的特征,从海量的图像中快速查找到与用户需求相满足的相关或相似的图像,但 CBIR 同样存在不足之处即只能对图像的底层视觉特征如图像的色彩、形状和纹理等进行描述,无法实现图像内容即图像中所反映的人物、时间、地点、事件等方面的深层语义描述。本体是指共享概念模型的明确的形式化的规范说明[24],简而言之,本体是某个领域内实体概念的集合,是用来表示语义的载体,本体能对实体进行分类、确定上下位关系及所有实体的属性,还能实现实体之间跨类别的连接。因此,相比于 TBIR 和 CBIR,构建敦煌遗书图像知识的本体能够实现图像本身的高级语义表达,使用户的检索更加快捷和智能。鉴于此,笔者自建本体模型,将敦煌遗书中的图像分为四类,即图案类、物体类、场景类和人物类,在各大类下又分小类等,笔者在上文语义数据描述中已详细阐述,这里不再赘述。然后对本体进行实体抽取、关系抽取和属性抽取,采用 RDF 格式对实体及实体之间的关系进行描述,形成计算机可以理解的形式。再通过相关研究文献内容的资源自动标引技术,不断丰富敦煌遗书图像的语义信息,建立有效的 HTTP URI 进而实现图像与文本的语义互联,为多种类型的数据关联做好准备。

(3)数据关联层。数据关联层是实现基于关联数据的敦煌遗书图像知识关联的语义组织模式的核心。数据关联包括图像内部和各个图像之间的关联,以敦煌遗书中 P.4518(39)的《达摩多罗像》为例,图中达摩多罗与手上的工具是“持有”的关系,与此同时达摩罗又与 P.4029 的《行脚僧图》有着密切联系,因为这两张图像的原型都是唐代李通玄居士像。敦煌遗书图像知识比较分散且杂乱无章,更需要对语义描述层形成的 RDF 形式的语义元数据进行分析,根据图像自身特点以及图像之间的关系将这些散乱的元数据进行重新的整合与组合,尽可能将敦煌遗书图像背后隐藏的各种关系完全展现出来。RDF 三元组语句的主谓宾都表现为 URI,通过 URI 对相关敦煌遗书图像的数据进行统一标识,然后利用 RDF 将不同的数据集中链接到同一资源的元数据进行关联,由此形成语义互联网络。数据关联层基于关联数据发布的技术将 RDF 语义元数据相互关联,以此揭示隐含在不同遗书图像之间的相互关系,并通过 RDF 链接使得图像之间能够相互访问。最终使复杂的敦煌遗书图像资源信息重组为一个互相联系的有机整体,发掘整个敦煌遗书图像知识网络的最大价值,提高图像的利用质量和服务效率。

(4)知识应用层。利用关联数据对敦煌遗书图像采集、描述、组织和整合之后,最终目的是为用户提供图像知识利用服务,包括将图像知识发布为关联数据、图像语义浏览与检索、图像档案知识发现与知识挖掘等,从而形成完整的敦煌遗书图像档案的组织模式。

敦煌遗书知识关联的语义组织模式包括数据收集层、语义描述层、数据关联层和知识应用层,从收集基础数据的前提工作,到对敦煌遗书图像进行语义描述,再到建立图像内部和图像之间的语义关联,最后实现为社会提供利用的终极目的。任何事物都包括形式和内容,在第二层语义描述层中,笔者提出构建敦煌遗书图像本体描述图像内容的特征以此实现图像的高级语义检索,这是数字化扫描之后图像知识的内容特征,与此同时笔者也提到基于 CBIR 技术的底层视觉特征抽取,这是数字图像的形式特征。但是在进行数字化扫描前,敦煌遗书图像也有本身的物理特征如载体材质和载体尺寸等等,这三方面都属于图像的特征。因此在设计图像检索的元数据时应该包括以上三方面,这样才能把敦煌遗书图像的特征完整地表现出来。

5.2 敦煌遗书图像知识关联的实践价值

5.2.1 打通与外部开放数据平台的知识关联

关联数据技术不仅能实现图像之间的语义互联,还能与网络开放数据平台进行语义链接,推进知识关联的深度与广度。如上海图书馆在互联网上公开发布的“地理名词表”“中国历史纪年表”“收藏机构名录”等开放数据平台以及王晓光等人构建的敦煌壁画叙词表关联数据集,将从敦煌遗书图像中抽取的实体与相关的外部开放数据集进行数据匹配与关联可以促进敦煌遗书图像领域知识聚合与推理。敦煌遗书图像知识组织框架的数据关联层可与“中国历史纪年表”“收藏机构名录”关联获取敦煌遗书图像所处的对应朝代与地点,敦煌壁画与敦煌遗书图像密不可分,与“敦煌壁画叙词表关联数据集”关联可以发现与敦煌遗书图像中绘画主题、绘画技法、绘画人物、情感态度相同或相似的图像,既能获取敦煌遗书图像与敦煌壁画之间隐藏的关系,又能比较分析挖掘出敦煌遗书图像中未知图像的内涵。此外,数据关联层还应与敦煌遗书图像相关的研究文献、视频资源等进行关联,在对敦煌遗书图像进行检索时还能展示与其有关的所有研究资料便于科研人员与普通用户了解该图像的研究现状。

5.2.2 提高敦煌遗书图像资源的检索利用

实践上,对图像中丰富的内容元素进行细致探究,将语义检索、关联数据应用于敦煌遗书图像研究,改变

了传统的知识结构，人物的底座、头饰、动作、配色等细节元素也值得与其他佛像图进行联系对比分析，这既有利于敦煌遗书图像价值的知识挖掘深度，又便于专家进行专题研究；大数据背景下，应努力开发计算机自我学习功能，以期将各类图像的语义描述打通，结合用户检索需求，不断优化语义检索模式，如可以在敦煌遗书图像语义检索系统中设置图像式检索功能，即用户在看到敦煌遗书图像或是敦煌壁画图像时，可直接将所拍图像导入检索平台，经过 AI 后台计算，将与之相匹配、或者相类似的敦煌遗书图像悉数呈现出来。

5.2.3 提高敦煌遗书图像知识服务的深度和广度

据当代学者研究，知识服务主要是指按照服务对象的要求，从各类数据信息和知识资源中萃取特定的信息和知识内容，并据此构筑数据网络，从而有针对性的为解决特定问题提供帮助[25]。如以上 5.2.2 所述，用户的检索需求不仅仅局限于图像的一般元数据字段，更追求图像的细节元素以及与敦煌遗书图像相关的历史背景、视频解答和研究文献等其他类型信息。由 2.1 可知目前敦煌遗书图像相关数据库在数据关联功能还存在不足之处，无法满足用户的深层次需求，而将关联数据应用于敦煌遗书图像知识关联的组织结构中，改进了传统知识组织方式，促进敦煌遗书图像检索质量的提高，不仅使用户能够快速检索到目标资源，还能发现与敦煌遗书图像相关的历史背景、语义内涵、研究资料等多类型资源，提供更具深度和广度的知识服务。

6 结语

敦煌遗书图像是世界的艺术宝藏和珍贵的文化遗产，其中蕴含丰富复杂的历史文化和艺术等元素。本文梳理敦煌遗书图像的语义特征并进行语义分析，根据敦煌遗书图像的绘画特点，借鉴前人关于敦煌壁画的语义描述思路，从敦煌遗书原始图像的物理特征、数字图像自身的颜色、形状的底层内容特征再到数字图像内容的高级语义特征这三方面展开讨论，由此设计敦煌遗书图像的语义特征层级模型、人物本体模型，提出敦煌遗书图像知识关联组织框架及其应用价值，包含数据收集层、语义描述层、数据关联层和资源应用层四层框架及其实践价值。

本文存在许多不足之处：首先，敦煌遗书中的图像除保存部分完整的图像之外，还有许多残缺的图像，为便于研究，笔者只选择敦煌遗书中保存较为完整的图像作为研究对象，如若条件允许，关于残缺图像的研究也应列入文中进行探讨；其次，由于实践条件和技术能力限制，本文只是提出敦煌遗书知识关联的语义组织模式和语义特征层级模型，尚需在具体实践的过程中来检验相关设想的可行性，并做出相应修正和完善。

参考文献：

[1] 白海燕，乔晓东. 基于本体和关联数据的书目组织语义化研究[J]. 现代图书情报技术，2010(9)：18－27.
[2] 陈涛，夏翠娟，刘炜，等. 关联数据的可视化技术研究与实现[J]. 图书情报工作，2015，59(17)：113－119.
[3] 国际敦煌项目[EB/OL]. [2021－03－25]. http://idp.nlc.cn/.
[4] 姜涛，杨学勇. 敦煌学数字化的现状及评析[J]. 图书与情报，2008(6)：115－118.
[5] 敦煌文献数字图书馆[EB/OL]. [2021－03－25]. http://dunhuang.hanjilibrary.com/.
[6] 曾子明，周知. 面向数字人文的图像语义描述模型研究[J]. 情报理论与实践，2018，41(1)：116－121.
[7] 张兴旺，卢桥，田清. 大数据环境下非遗视觉资源的获取、组织与描述[J]. 图书与情报，2016(5)：48－55.
[8] 齐云飞，赵宇翔，朱庆华. 关联数据在数字图书馆移动视觉搜索系统中的应用研究[J]. 数据分析与知识发现，2017，1(1)：81－90.
[9] 张永娟，刘炜，于建荣，等. 基于 IIIF 和语义知识图谱的印章资源整合与知识发现研究[J]. 图书情报工作，2020，64(7)：127－135.
[10] 陆泉，韩阳，陈静，等. 三种图像语义标注模式的标注效果对比研究[J]. 情报理论与实践，2015，38(3)：122－127.
[11] 陈金菊，欧石燕. 数字图像语义标注模型比较与分析[J]. 图书情报工作，2018，62(6)：116－124.
[12] 陈金菊. 图像语义标注研究综述[J]. 图书馆学研究，2017(18)：2－7，20.
[13] 张志武. 基于本体的 Web 图像语义标注与检索模型[J]. 情报科学，2015，33(4)：121－124，131.
[14] 王晓光，徐雷，李纲. 敦煌壁画数字图像语义描述方法研究[J]. 中国图书馆学报，2014，40(1)：50－59.
[15] 宋志浩. 基于本体的敦煌壁画信息语义检索系统研究与实现[D]. 杭州：浙江大学，2010.
[16] 王晓光，侯西龙，程航航，等. 敦煌壁画叙词表构建与关联数据发布[J]. 中国图书馆学报，2020，46(4)：69－84.
[17] 武琼芳.《敦煌画研究》中文译本出版[J]. 敦煌研究，2019(6)：141.
[18] 沙武田，邰惠莉. 20 世纪敦煌白画研究概述[J]. 敦煌研究，2001(1)：164－168，192.
[19] 张培君. 敦煌藏经洞出土遗画中供养人图像初探[J]. 敦煌研究，2007(4)：91－97.
[20] 敦煌研究院. 敦煌遗书总目索引新编[M]. 施萍婷，主撰稿；邰惠莉，助编. 北京：中华书局，2000.
[21] 袁婷. 敦煌藏经洞出土绘画品研究史[D]. 兰州：兰州大学，

2012.
[22] 杨树云．从敦煌绢画《引路菩萨》看唐代的时世妆[J]．敦煌学辑刊,1983:92－97.
[23] 王磊,朱学芳．图像检索中的元数据分析[J]．情报科学,2005(9):1414－1417.
[24] 王向前,张宝隆,李慧宗．本体研究综述[J]．情报杂志,2016,35(6):163－170.
[25] 吴坤玲．海南省高校图书馆个性化知识服务研究[J]．图书馆学研究,2013(14):52－55.

作者贡献说明：

程结晶：提出论文框架，修改论文；

王心雨：确定论文选题、撰写论文。

Knowledge Association and Semantic Description of Dunhuang Documents Images

Cheng Jiejing　Wang Xinyu
School of Social Development, Yangzhou University, Yangzhou 225009

Abstract: [**Purpose/significance**] The rapid development and wide application of information technology certainly promote the reform of Dunhuang studies, which make the utilization of Dunhuang studies and its knowledge resources more convenient. Because of the traditional knowledge platform and retrieval method of databases, the value mining of knowlegde of Dunhuang documents images is not complete. Therefore, this paper combs the research of Dunhuang documents images and gives a full semantic description for the depth and breadth of their knowledge, exploring the multiple values of Dunhuang documents images. [**Method/process**] Through the consideration and semantic description of present researches of Dunhuang documents images, hierarchical model of semantic features was designed in light of their semantic features. The organizational model was constructed by combing intelligent + and linked data. And this paper deeply analyzes knowledge association of the Dunhuang documents images and the data collection layer, the semantic description layer, the data association layer and the resource application layer of the hierarchical model. [**Result/conclusion**] The paper puts forward the practical value of the knowledge association model of Dunhuang documents, which can open the connection channel with outside data, improve the retrieval intelligentized quality of Dunhuang documents images , and enhance its depth and breadth of the knowledge service.

Keywords: linked data　Dunhuang documents images　hierarchical model of semantic feature